

Расчёт выгоды перемещений продукции между филиалами или магазинами

Исходная предпосылка

Если в вашей компании есть хотя бы два филиала со своими складами, то рано или поздно у вас обязательно возникнет ситуация диспропорции имеющихся на этих складах запасов. Из-за неравномерности продаж по времени и объёмам, изменения рыночной конъюнктуры, ошибок сотрудников – возникает ситуация, когда в одних филиалах по некоторым позициям мы видим дефицит, а в других филиалах по этим же позициям образуется сверхзапас или даже неликвид. Поэтому сейчас, когда никто не может похвастать излишком оборотных средств, многие руководители принимают решение о перемещении этой позиции из филиала-донора, где она лежит в сверхзапасе, в филиал-получатель, где её не хватает. Однако каждый раз при этом возникают два важных вопроса: «Выгодно ли это перемещение компании?» – и: «Сколько этой позиции лучше всего переместить?» Если же у компании больше двух филиалов – уже начиная с трёх – появляется ещё один вопрос: «А из какого филиала-донора лучше произвести перемещение в филиал-получатель? Или может лучше сразу из нескольких?» В каждой компании по-своему находят ответы на эти вопросы, но, если опыт оказывается успешным, то такие перемещения становятся регулярными. Поэтому появляется необходимость в выработке автоматизированных методик по оценке выгоды каждого перемещения и расчёту количества, которое нужно переместить по каждой позиции, чтобы не возить один и тот же товар туда-обратно. Когда такая методика внедряется в корпоративную информационную систему, то никакого труда не составляет хоть каждый день рассчитывать выгодные перемещения между филиалами, хотя обычно это происходит гораздо реже – один раз в два-три месяца. Это вызвано тем, что после расчёта и выполнения всех рентабельных перемещений должно пройти время для появления излишков товара в филиалах-донорах и продажи своих запасов в филиалах-получателях.

Задача

Для увеличения скорости продаж и оборачиваемости средств, разработать критерий рентабельности перемещения товаров между филиалами, инициируемого из головного офиса. Так же необходимо разработать методику расчёта оптимального для перемещения количества по каждой позиции. Оба алгоритма должны рассчитываться на основании текущих значений следующих данных:

Обозначение	Наименование	Величина измерения
C_i^k	средневзвешенная на проданное количество цена продаж k -той позиции в i -том филиале с учётом всех скидок и бонусов, то есть реальные цены, по которым позиция продаётся в филиале с учётом всех скидок и бонусов	рублей (берутся все продажи по позиции в филиале, смотрятся реальные цены в этих продажах, в каждой продаже умножается эта цена на количество, всё суммируется и делится на суммарное количество по всем продажам)
D_{ij}^k	количество единиц k -той позиции, для перемещения из i -того филиала в j -тый	штук (рассчитывается в ходе алгоритма)
F_i^k	минимальная партия отправки k -той позиции в i -тый филиал, норматив организации в зависимости от количества в заводском коробе и стоимости сертификации в филиале-получателе	штук (исходные данные)
N_i^k	норма складского запаса, до которой происходит пополнение в i -том филиале по k -той позиции, норматив организации в зависимости от срока и периодичности поставок	месяцев (исходные данные, управленческое решение)
M	доход от вложения высвобожденных денежных средств	% / месяц (исходные данные)
O_i^k	свободные текущие остатки на момент расчёта в i -том филиале по k -той позиции,	штук (исходные данные)

	включая все осуществляемые перемещения по этой позиции в этот филиал	
P_i^k	средневзвешенная на проданное количество отсрочка платежа в i -том филиале по k -той позиции	<i>месяцев</i> (берутся все продажи по позиции в филиале, смотрится отсрочка платежа в этих продажах, в каждой продаже она умножается на количество, и делится на суммарное количество по всем продажам)
S_{ij}	стоимость доставки из i -того филиала в j -тый	<i>рублей</i> (исходные данные)
T_{ij}	время доставки из i -того филиала в j -тый	<i>месяцев</i> (исходные данные)
V_i^k	спрос в i -том филиале по k -той позиции	$\frac{\text{штук}}{\text{месяц}}$ (до использования в алгоритме рассчитывается за срок N_i^k с учётом периодов наличия на складе)

Критерий для оценки перемещений

Изначально необходимо придумать критерий выбора между филиалами-донорами и филиалами-получателями. Этот критерий нам понадобится в случае, когда в двух и более филиалах есть одна и та же позиция в сверхзапасе или / и есть два и более возможных филиала-получателя по данной позиции. В таком случае возникает вопрос: откуда и куда везти сверхзапас. Везти из обоих в каждый – не выгодно по причине распылённости перевозок, а значит, нам надо разработать критерий выбора филиала-донора и филиала-получателя, применив который последовательно ко всем филиалам мы получили бы все необходимые перемещения между ними. Этот критерий должен позволять нам понять выгодно ли конкретное перемещение, в принципе. И если да, и при этом возможно несколько разных вариантов, то какой из них самый выгодный, чтобы осуществлять именно его.

Создавать этот критерий мы будем с конца – от того, какой результат мы хотим получить в итоге. А это – разумеется, конечная прибыль от увеличения скорости продаж. То есть нам надо искать критерий не по выбору филиалов, а по выбору *перемещений* – пар филиалов с направлением движения товара, которые дадут нам максимальную прибыль. Но прибыль – это валовый показатель, который не всегда корректно сравнивать с другим таким же показателем. Гораздо лучше в данном случае использовать рентабельность для всех возможных пар филиалов «донор → получатель», при этом пары с одними и теми же филиалами в разных ролях считаются разными парами:

$$R_{ij} = \frac{B_{ij}}{A_{ij}} - 1, \text{ где:}$$

R_{ij} – рентабельность перемещения,

B_{ij} – доходы от перемещения,

A_{ij} – расходы на перемещение.

Но для этого нам надо связать разные величины: упаковки, которые нужно или не нужно перемещать и доход – деньги. Эти два показателя всегда связывает между собой цена упаковки. А цены в разных филиалах – разные. Поэтому при расчёте «расхода» перемещения мы должны брать цену в филиале-доноре – C_i^k (по сути, филиал-получатель покупает эту продукцию у филиала-донора по этой цене), а при расчёте «дохода» перемещения – уже цену в филиале-получателе – C_j^k потому что в случае осуществления перемещения мы будем продавать уже по этой цене.

Теперь надо пояснить, что является доходом, а что расходом перемещения, учтя при этом все возможные издержки. Для этого поймём, что изменяется при перемещении некоторого товара между

филиалами: и тогда в расход мы запишем всё, что мы потеряем на перемещении, а в доход то, что в результате получим.

Расходы на перемещение

Под расходами на перемещение подразумевается выручка, которую мы не получим от продажи в филиале-доноре плюс затраты на перемещение в филиал-получатель. Для расчета используется формула:

$$A_{ij} = S_{ij} + \sum_k D_{ij}^k \cdot C_i^k, \text{ где:}$$

A_{ij} – расходы от перемещения,

S_{ij} – затраты на доставку,

$D_{ij}^k \cdot C_i^k$ – выручка от продажи в филиале-доноре,

Доходы от перемещения

Под доходами от перемещения подразумевается выручка, которую мы получим от продажи в филиале-получателе, умноженная на доходность высвобожденных средств и на выигранное от перемещения время. Для расчета используется формула:

$$B_{ij} = \sum_k D_{ij}^k \cdot C_j^k \cdot (1+M)^{L_{ij}^k}, \text{ где:}$$

B_{ij} – доходы от перемещения,

M – доходность высвобожденных средств,

$D_{ij}^k \cdot C_j^k$ – выручка от продажи в филиале-получателе,

L_{ij}^k – выигранное от перемещения время.

Доход на вложенный капитал

Доход же посчитать гораздо сложнее чем расход, так как именно здесь надо учесть выигрыш от увеличения скорости продаж. Все знают поговорку «время – деньги», но каков коэффициент соответствия? Ответ на этот вопрос лежит в области эмпирических данных полученных из статистики по прибыльности вложения высвобожденных денег – M . Это очень важный аспект, так как, если высвобожденные от ускоренных продаж, деньги просто лягут в сейф, то через некоторое время, необходимое для продажи перемещённого товара в филиале-доноре, выигрыш от перемещения просто нивелируется, а вот затраты на перемещение уже никуда не исчезнут.

А значит, чтобы в перемещении между филиалами был смысл, полученные от него деньги должны куда-то вкладываться. Либо класть под процент в банк, либо вкладываться в новые закупки, либо как-то иначе, но приносить прибыль. И тогда мы уже можем говорить о том самом коэффициенте, который связывает время и деньги – это и есть та самая прибыльность от вложения высвобожденных средств M . Пример: в филиале-доноре позиция стоит 100 рублей и будет продаваться год, в филиале-получателе – 95 рублей и будет продаваться месяц, при стоимости кредита в 24% годовых, быстро продав в филиале-получателе, мы получим к моменту, когда мы продали бы эту позицию без перемещения: 90 рублей +

22% (за 11 месяцев) = 110 рублей. Если доставка нам стоила меньше 10 рублей, то нам такое перемещение будет выгодно.

Выигранное время (коэффициент ускорения продаж). Вкладываем же мы деньги на то самое время, которое выигрывается от перемещения. А какое время выигрывается от перемещения? Надо считать:

- через сколько месяцев в среднем продается перемещаемое количества в филиале-доноре, если оставить его там:

$$E_i^k = \frac{O_i^k + O_i^k - D_{ij}^k}{2 \cdot V_i^k} = \frac{2 \cdot O_i^k - D_{ij}^k}{2 \cdot V_i^k}$$

- через сколько месяцев в среднем продается перемещаемое количества в филиале-получателе, если отвезти его туда – по аналогии с предыдущими расчётами:

$$E_j^k = \frac{2 \cdot \max\left(\frac{O_j^k}{V_j^k}; T_{ij}\right) + D_{ij}^k}{2 \cdot V_j^k}$$

Соответственно выигрыш во времени составит: $L_{ij}^k = E_i^k - E_j^k$.

Учесть среднюю отсрочку платежа в разных филиалах ещё проще – это необходимо, чтобы не везти товар в филиал, который быстро продаёт, да медленно деньги за проданное получает. Эти данные уже даны нам в нужном формате выигрыша во времени. Следовательно, для учёта данного показателя достаточно прибавить разницу между средними отсрочками платежа обоих филиалов $P_i^k - P_j^k$ к нашей степени, и мы получим нужный результат:

$$L_{ij}^k = E_i^k - E_j^k + P_i^k - P_j^k.$$

Подитог.

В результате мы получаем итоговое неравенство критерия прибыльности перемещения позиции:

$$C_i^k < C_j^k \cdot (1+M)^{L_{ij}^k}, \text{ где:}$$

C_i^k – цена реализации позиции в филиале-доноре,

C_j^k – цена реализации позиции в филиале-получателе,

M – доходность высвобожденных средств,

L_{ij}^k – чистый выигрыш по времени от продажи позиции в филиале-получателе.

Тогда получаем в качестве критерия рентабельности перемещения следующее значение:

$$R_{ij} = \frac{\sum_k D_{ij}^k \cdot C_j^k \cdot (1+M)^{L_{ij}^k}}{S_{ij} + \sum_k D_{ij}^k \cdot C_i^k} - 1,$$

где суммы считаются по всем k , для которых соответствующие перемещения – выгодны, то есть выполняется предыдущее неравенство.

Допустим у нас два филиала, и мы хотим переместить из одного филиала в другой несколько позиций. Мы считаем рентабельность всего перемещения (по последней формуле) и получаем, что она ниже нуля, то есть вроде как всё перемещение – не выгодно. Но при проверке каждой позиции с помощью неравенства критерия прибыльности перемещения мы понимаем, что перемещение одной из них – нам заведомо не выгодно. Тогда возможна ситуация, что после выкидывания этой позиции из перемещения, всё остальное перемещение – становится выгодным, если прибыли от перемещения оставшихся позиций хватит на покрытие транспортных расходов, – но в любом случае, эта прибыль уже не будет тратиться впустую на убытки по перемещению невыгодной позиции. То есть для выполнения главного условия на рентабельность всего перемещения, нам необходимо составлять его из заведомо рентабельных перемещений отдельных позиций, чтобы прибыль от их перемещения могла покрыть транспортные расходы – в любом случае, включение в перемещение невыгодных позиций будет снижать рентабельность всего перемещения.

Как мы помним, нам необходимо решить ещё проблему распылённости перемещения сверхзапаса, когда объём отгрузки некоего филиала-донора, распределяясь по филиалам-получателям, становится для каждого конкретного перемещения настолько мал, что оно оказывается экономически не выгодным. Для предотвращения этого необходимо последовательное распределение сверхзапаса взамен одновременного. То есть полученный список из всех значений R_{ij} нужно отсортировать в порядке их убывания, при этом отрицательные и нулевые значения можно сразу отбросить. Тогда при распределении сверхзапаса филиала-донора выбирается один из филиалов-получателей с наибольшим значением R_{ij} . Рассчитывается виртуальное перемещение, как будто других филиалов кроме этих двух не существует, данная продукция резервируется под это перемещение. После этого свободные текущие остатки в филиале-доноре уменьшаются на соответствующее перемещению количество, а в филиале-получателе на это же количество увеличивается транзит, а значит, уменьшается потребность. Когда эти изменения оказались внесёнными, можно производить новый полный расчёт необходимых количеств к перемещению, проверять выполнение критерия прибыльности по каждой позиции и делать расчёт рентабельности уже суммы выгодных перемещений. Затем выбирать перемещение с максимальной рентабельностью для следующего филиала-получателя, и так далее, пока в филиале-доноре не останется сверхзапаса. При таком методе даже небольшой сверхзапас будет перемещаться только в один филиал, а значит, не будет его распыления. Само же перемещение будет наиболее экономически целесообразным.

Сколько можем перевезти – объем перемещения

Теперь осталось определиться с количеством товара, который нам надо перевезти. Собственно, рентабельность перемещения, какого количества товара мы будем оценивать? В связи с этим возникают четыре возможных ситуации, только одна из которых позволяет производить перемещение позиции между филиалами без риска прогадать на резком изменении скоростей продаж. Однако перед этим нужно определить норматив в днях продажи для каждого филиала – сделать это можно исходя из политики организации, например, с помощью расчёта, опубликованного в статье посвящённой ликвидации неликвидов <http://upravlenie-zapasami.ru/statii/likvidaciya-nelikvidov/>

Если филиал-донор не имеет сверхзапаса по позиции: $O_i^k \leq V_i^k \cdot N_i^k$, то перемещать не надо в любом случае. Если филиал-получатель имеет сверхзапас по позиции: $O_j^k \geq V_j^k \cdot N_j^k$, то перемещать не надо в любом случае. Если оба этих условия выполнены, то перемещать нельзя ни в коем случае. Остаётся только случай, когда в филиале-доноре – сверхзапас, а в филиале-получателе – нехватка до нормы. А формула расчёта количества перемещаемой позиции получается как раз из этих условий. То есть мы перемещаем товар до тех пор, пока не достигнем одной из стоп-ситуаций – кончается сверхзапас в филиале-доноре $O_i^k \leq V_i^k \cdot N_i^k$ или он появляется в филиале-получателе $O_j^k \geq V_j^k \cdot N_j^k$. А значит, перемещение будет равно минимуму между запасом сверх норматива филиала-донора и нехваткой до нормы в филиале-получателе: $\min(O_i^k - V_i^k \cdot N_i^k; V_j^k \cdot N_j^k - O_j^k)$. Однако при таком расчёте, возможно получение отрицательных значений, физический смысл которых – перемещение в обратную сторону.

Такие движения будут рассмотрены в своих перемещениях, когда донор и получатель – меняются местами – для системы это, просто, другое перемещение. А чтобы не рассматривать эти отрицательные значения сейчас, мы, просто, берём максимум между полученным минимумом и нулём, тем самым, оставляя только положительные значения. Именно их в дальнейшем можно будет суммировать для расчёта рентабельности перемещения всех позиций уже без учёта их знака:

$$D_{ij}^k = \max\left(\min\left(O_i^k - V_i^k \cdot N_i^k; V_j^k \cdot N_j^k - O_j^k\right); 0\right).$$

По сути, мы берём минимум между дефицитом в филиале-получателе и сверхзапасом в филиале-доноре, а максимум с нулём используем, чтобы не рассматривать движение в обратном направлении.

Если нормативы запасов не определены, то рассчитать объём для перемещения можно следующим через максимальное приближение времени окончания продажи обоих филиалов. Фактически, после перемещения оба филиала начнут вместе продавать их общие остатки, а значит, скорости продаж и

остатки филиалов суммируются: $\frac{O_i^k + O_j^k}{V_i^k + V_j^k}$ – получился срок продаж общих запасов в обоих филиалах

сообща. Но это они вместе будут так хорошо продавать, значит чтобы понять, на сколько месяцев продаж отправлять товара, надо отнять полученное время от времени продажи своих остатков, но уже

одним филиалом-донором, когда скорость продаж – не суммированная: $\frac{O_i^k}{V_i^k}$ – срок продажи запасов

филиала-донора без осуществления перемещения. В результате мы получаем тот самый период времени, который выступает в качестве множителя для расчёта объёма перемещения:

$$\frac{O_i^k}{V_i^k} - \frac{O_i^k + O_j^k}{V_i^k + V_j^k} = \frac{O_i^k \cdot V_j^k - O_j^k \cdot V_i^k}{V_i^k \cdot (V_i^k + V_j^k)}.$$

Конечно, нужно ещё учесть время подвоза товара, чтобы не получилась ситуация, когда филиал «торгует» виртуальным товаром. Для этого достаточно скорректировать выигранное время разницей между коэффициентом складского запаса филиала-получателя и временем подвоза товара:

$\frac{\min\left(\frac{O_j^k}{V_j^k} - T_{ij}; 0\right)}{2}$. В случае, если товар из филиала-донора в филиал-получатель будет подвезён, до

того как там закончится свой товар, то есть $T_{ij} < \frac{O_j^k}{V_j^k}$, этот минимум будет равен нулю. В случае же,

если время подвоза будет больше, то по этой формуле мы отнимем из первоначально рассчитанного срока вынужденное время простоя, когда продажи филиалом-получателем осуществляться не будут. И нам остаётся только домножить окончательный результат на скорость продаж в филиале-получателе:

$$D_{ij}^k = V_j^k \cdot \max\left[0; \frac{O_i^k \cdot V_j^k - O_j^k \cdot V_i^k}{V_j^k \cdot (V_i^k + V_j^k)} + \frac{\min\left(\frac{O_j^k}{V_j^k} - T_{ij}; 0\right)}{2} - G\right].$$

G – это стабилизатор, который снижает вероятность необходимости везти продукцию обратно через некоторое время в случае изменения скорости продаж в этих филиалах [месяцев]. В самом кардинальном случае – он равен нулю. Чем же он больше, тем меньше будут как сами перемещения, так и их количество между филиалами, консервируя ситуацию с остатками филиалов в текущем положении.

А чтобы избежать деления на ноль, стоит изначально откорректировать входные данные: $\forall i \forall k : V_i^k < 1 \Rightarrow V_i^k = 1$, таким образом мы избегаем в дальнейшем необходимость оговаривать случаи деления на ноль. Результат расчётов от этого не ухудшается, так как точность расчётов всё равно будет вестись до одной штуки товара. Новые же позиции, по которым статистики продаж ещё нет, лучше вообще не обсчитывать, чтобы не пришлось возить их туда-обратно.

Алгоритм.

В описании алгоритма мы будем использовать формулы, которые уже вывели выше. Полный вывод был предоставлен, чтобы специалист мог пренебречь не нужными слагаемыми, или наоборот добавить дополнительные для повышения его точности. Использование же чётко определённого запрограммированного алгоритма позволит снизить риски, уменьшить сложность и количество итераций при перерасчётах, избежать ситуаций, при которых итоговое перемещение является не рентабельным, увеличить скорость расчёта, минимизировать ручную обработку результатов в ходе его выполнения. После проведения всех расчётов, из головного предприятия в филиалы должны направляться уже управленческие решения по перемещению без права отказа в отгрузке или приёме товара, исключая редкие ситуации, когда большой объём по позиции завозится на спец-акцию, или, высокий уровень продаж обусловлен разовой крупной продажей, которая не повторится. Такие случаи каждый раз должны утверждаться отдельно, так как выкидывание некоторых позиций может привести к потере рентабельности у всего перемещения из-за того, что прибыли от их перемещения не будет уже хватать, чтобы покрыть транспортные расходы. Данный алгоритм предназначен для расчёта перемещений всех позиций, имеющих в наличии на складах филиалов.

$\forall i \forall k : V_i^k < 1 \Rightarrow V_i^k = 1$, таким образом, корректируется скорость продаж, чтобы облегчить вычисления и избежать деления на ноль. Затем для всех филиалов, для всех позиций рассчитывается предварительный объём перемещения каждой позиции, например, по формуле:

$$D_{ij}^k = \max\left(\min\left(O_i^k - V_i^k \cdot N_i^k; V_j^k \cdot N_j^k - O_j^k\right); 0\right).$$

Дополнительно стоит отметить, что при автоматизации этого алгоритма нужно учесть минимальную партию одной позиции для каждого конкретного филиала, чтобы не отправлять по одной штучке. Это условие может быть связано с неделимостью единичной заводской упаковки или ценой сертификации в филиале-получателе. Например, если сертификация каждой партии стоит 1000 рублей, то везти продукции на меньшую стоимость – точно не стоит:

$$\forall i \forall j \forall k : D_{ij}^k < F_j^k \Rightarrow D_{ij}^k = 0$$

Критерий выгодности перемещения k-той позиции из i-того в j-тый филиал:

$$C_i^k < C_j^k \cdot (1+M) \left(\frac{O_i^k \cdot V_j^k - O_j^k \cdot V_i^k}{V_j^k (V_i^k + V_j^k)} + \min\left(\frac{O_j^k}{V_j^k} - T_{ij}^k; 0\right) + P_i^k - P_j^k \right).$$

По всем позициям, удовлетворяющим критерию выгодности перемещения из i-того в j-тый филиал рассчитываем коэффициент рентабельности такого перемещения:

$$R_{ij} = \frac{\sum_k D_{ij}^k \cdot C_j^k \cdot (1+M) \left(\frac{O_i^k \cdot V_j^k - O_j^k \cdot V_i^k}{V_j^k (V_i^k + V_j^k)} + \min\left(\frac{O_j^k}{V_j^k} - T_{ij}^k; 0\right) + P_i^k - P_j^k \right)}{S_{ij} + \sum_k D_{ij}^k \cdot C_i^k} - 1,$$

где суммы считаются по всем k, для которых соответствующие перемещения – выгодны, то есть выполняется предыдущее неравенство.

Из всех рентабельных перемещений, то есть таких, где $R_{ij} > 0$, – выбираем перемещение с максимальной рентабельностью, затем, считая его уже проведённым, пересчитываем оставшиеся перемещения уже с его учётом. Опять пересчитываем предварительный объём перемещения по каждой

позиции и для всех новых перемещений рассчитываем R_{ij} . Перемещение с максимальной рентабельностью выбираем уже из них. И так далее, пока не останется рентабельных «не проведённых» перемещений. Если есть ограничения по количеству одновременных перемещений, то количество итераций всегда можно ограничить. И пусть вас не пугают громоздкие формулы – их реализация не составит труда для любого программиста, который знает, математический значок суммы. Более того, пример данного алгоритма расчёта был полностью реализован в Excel – посмотреть и скачать его можно по адресу <http://upravlenie-zapasami.ru/excel/>

Автор – Разгуляев Валерий
Взято с <http://upravlenie-zapasami.ru/>